

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-224107

(43)Date of publication of application : 12.08.1994

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G03F 7/20

(21)Application number : 05-029612

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 27.01.1993

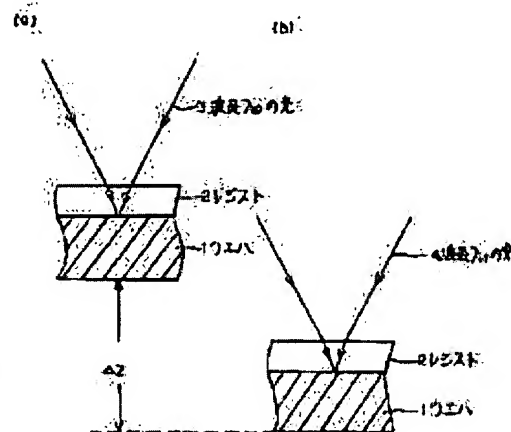
(72)Inventor : TANABE YASUYOSHI

## (54) METHOD AND DEVICE FOR PROJECTION ALIGNER

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To decrease the effect of standing wave generated when a projection aligning operation is conducted using a single projection aligner by providing a means to move to axial direction at least one of a means, which changes the wavelength of light source, a glass substrate, a wafer and a projection optical system.

**CONSTITUTION:** The image-forming position of a light 3 of wavelength ( $\lambda_0$ ) and the image-forming position of a light 4 of wavelength ( $\lambda_1$ ) are separated in the amount  $\Delta z$ . A wafer 1 on the stage of a projection exposing device is shifted to the direction of optical axis in order to compensate the variation of the above-mentioned focal position. Besides, a mask or a projection optical system may be shifted instead of shifting the stage. In order to effectively decrease the effect of standing wave, the reflected light, sent from a resist 2 by exposure using the light of wavelength ( $\lambda_1$ ), is brought to the minimum by the variation of resist film thickness when the light sent from the resist 2 by the exposure using the light of wavelength ( $\lambda_2$ ) becomes the maximum by the variation. As a result, a plurality of wavelength can be exposed using a single projection exposure device, and the dimensional variation of the resist pattern due to the effect of standing wave can be reduced.



\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]In a projection exposure method which makes a projection optical system use and image on a wafer which applied a resist for an exposed pattern on a glass substrate illuminated by light which came out of a light source,

A projection exposure method comprising:

The 1st process that makes the aforementioned exposed pattern illuminated with light of the 1st wavelength that comes out of the aforementioned light source image on the aforementioned wafer.

The 2nd process that makes the aforementioned exposed pattern illuminated with light of the 2nd wavelength that moves at least one of the aforementioned glass substrate, a wafer, and projection optical systems to an optical axis direction, and comes out of the aforementioned light source image on the aforementioned wafer.

[Claim 2]A projection aligner comprising:

A glass substrate which has an exposed pattern.

A wafer which applied a resist.

A means to have a light source and a projection optical system at least, and to change wavelength of the aforementioned light source.

A means to move at least one of the aforementioned glass substrate, a wafer, and projection optical systems to an optical axis direction.

[Claim 3]In a projection exposure method which makes a projection optical system use and image on a wafer which applied a resist for an exposed pattern on a glass substrate illuminated by light which came out of a light source,

A projection exposure method comprising:

The 1st process that makes the aforementioned exposed pattern illuminated with light of the 1st wavelength that comes out of the aforementioned light source image on the aforementioned wafer.

The 2nd process that makes the aforementioned exposed pattern illuminated with light of the 2nd wavelength that inserts a substance which has a different refractive index from air between the aforementioned glass substrate and a wafer, and comes out of the aforementioned light source to it image on the aforementioned wafer.

[Claim 4]A projection aligner comprising:

A glass substrate which has an exposed pattern.

A wafer which applied a resist.

A means to have a light source and a projection optical system at least, and to change wavelength of the aforementioned light source.

A means to insert a substance which has a different refractive index from air between the aforementioned glass substrate and a wafer.

[Claim 5] In a projection exposure method which makes a projection optical system use and image on a wafer which applied a resist for an exposed pattern on a glass substrate illuminated by light which came out of a light source, It becomes the aforementioned projection optical system from 1 time or carrying out multiple-times exposure using a multifocal lens which two or more positions are made to image by a different light of the 1st wavelength and the 2nd wavelength which comes out from the aforementioned light source, A projection exposure method imaging the aforementioned multifocal lens on a wafer on the 1st wavelength, and imaging it on a wafer also on the 2nd wavelength.

[Claim 6] A glass substrate which has an exposed pattern, and a wafer which applied a resist, A projection aligner, wherein it has a light source and a projection optical system at least, it has a means which makes wavelength of the aforementioned light source the 1st different wavelength or 2nd wavelength and the aforementioned projection optical system comprises a multifocal lens which images the 2nd either said 1st wavelength or wavelength on a wafer.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application]This invention relates to the projection exposure method and equipment which can carry out reduction of the standing wave effect produced on the occasion of the projection exposure in production of a semiconductor etc.

[0002]

[Description of the Prior Art]The projection aligner with high productive efficiency is widely used for processing of minute patterns, such as Integrated Circuit Sub-Division. In the above-mentioned equipment, although a dioptric system may be used as a projection optical system, if the bandwidth of the wavelength of a light source is wide, generating of a chromatic aberration will be seen and the fall of resolution will be caused in this case. Then, in order to obtain high resolution, when the filter of narrow band width is made through when using a high-pressure mercury lamp as a light source, and it uses laser as a light source for the light from a light source extremely, it has narrow-band-ized using a diffraction grating, prism, an etalon, etc. Thus, if a narrow-band light is used as a light source, the effectual light volume absorbed into a resist with a slight change of resist thickness under the influence of the standing wave by interference with the incident light to a resist and the reflected light from a resist / wafer interface will be changed sharply. This becomes change of a resist pattern dimension, and a cause of resolution failure. If a catadioptric system is used instead of a dioptric system as a projection optical system, the problem of a chromatic aberration is reduced and the wavelength of a light source can be taken to a broadband. If the wavelength of a light source is taken to a broadband, since how to produce a standing wave differs, a standing wave effect will be reduced with the light of different wavelength. As such a catadioptric system, it is indicated by JP,63-163319,A (document 1), for example. To JP,63-198324,A (document 2), as a method of reducing a standing wave effect, The method of irradiating the whole resist surface or a pattern formation scheduled region with the light of wavelength  $\lambda_1$  which is different from  $\lambda_0$  before and after exposing the light of wavelength  $\lambda_0$  by dose  $D_0$  through the glass substrate (mask) which has an exposed pattern by dose  $D_1$  less than  $D_0$  is described.

[0003]

[Problem to be solved by the invention]However, alignment of an optical system is difficult for the catadioptric system stated to document 1, and there is a problem [ enlarge / a numerical aperture / design top ] that it is difficult. Although the method of document 2 is applicable also to a dioptric system, when it irradiates with light all over a resist, there is a problem on which the contrast of an image falls and resolution deteriorates. If only a pattern formation scheduled region is selectively irradiated with the light of wavelength  $\lambda_1$ , degradation of contrast can be prevented, but the concrete method which irradiates only a pattern formation scheduled region with the light of different wavelength  $\lambda_1$  from  $\lambda_0$  is not described into document 2. When the wafer which

the man day increased when exposed twice using two kinds, the projection aligner simply designed to wavelength  $\lambda_0$  and the projection aligner designed to wavelength  $\lambda_1$ , and applied the resist is moved among two kinds of different projection aligners, there is a problem that alignment becomes difficult. The purpose of this invention is to provide the projection exposure method and projection aligner which realize exposure with two or more waves for reducing a standing wave effect with a single projection aligner.

[0004]

[Means for solving problem]In the projection exposure method which makes a projection optical system use and image on the wafer in which the 1st invention by this invention applied the resist for the exposed pattern on the glass substrate illuminated by the light which came out of the light source, The 1st process that makes the aforementioned exposed pattern illuminated with the light of the 1st wavelength that comes out of the aforementioned light source image on the aforementioned wafer, It is a projection exposure method which has the 2nd process that makes the aforementioned exposed pattern illuminated with the light of the 2nd wavelength that moves at least one of the aforementioned glass substrate, a wafer, and projection optical systems to an optical axis direction, and comes out of the aforementioned light source image on the aforementioned wafer, and is characterized by things.

[0005]The glass substrate in which the 2nd invention by this invention has an exposed pattern, It is a projection aligner which is provided with the wafer which applied the resist, a means to have a light source and a projection optical system at least, and to change the wavelength of the aforementioned light source, and a means to move at least one of the aforementioned glass substrate, a wafer, and projection optical systems to an optical axis direction, and is characterized by things.

[0006]In the projection exposure method which makes a projection optical system use and image on the wafer in which the 3rd invention by this invention applied the resist for the exposed pattern on the glass substrate illuminated by the light which came out of the light source, The 1st process that makes the aforementioned exposed pattern illuminated with the light of the 1st wavelength that comes out of the aforementioned light source image on the aforementioned wafer, It is a projection exposure method which has the 2nd process that makes the aforementioned exposed pattern illuminated with the light of the 2nd wavelength that inserts the substance which has a different refractive index from air between the aforementioned glass substrate and a wafer, and comes out of the aforementioned light source to it image on the aforementioned wafer, and is characterized by things.

[0007]The glass substrate in which the 4th invention by this invention has an exposed pattern, It is a projection aligner which is provided with a means to insert the substance which has a different refractive index from air between the wafer which applied the resist, a means to have a light source and a projection optical system at least, and to change the wavelength of the aforementioned light source, and the aforementioned glass substrate and a wafer, and is characterized by things.

[0008]In the projection exposure method which makes a projection optical system use and image on the wafer in which the 5th invention by this invention applied the resist for the exposed pattern on the glass substrate illuminated by the light which came out of the light source, It becomes the aforementioned projection optical system from 1 time or carrying out multiple-times exposure using the multifocal lens which two or more positions are made to image by a different light of the 1st wavelength and the 2nd wavelength which comes out from the aforementioned light source, The aforementioned multifocal lens is a projection exposure method imaging on a wafer on the 1st wavelength and imaging on a wafer also on the 2nd wavelength.

[0009]The glass substrate in which the 6th invention by this invention has an exposed pattern, Have at least the wafer which applied the resist, and a light source and a projection optical system, have a means which makes wavelength of the aforementioned light source the 1st different wavelength or 2nd wavelength, and the aforementioned projection optical system, It is the projection aligner

comprising a multifocal lens which images the 2nd either 1st above-mentioned wavelength or wavelength on a wafer.

[0010]

[Function]If exposure with two or more waves is performed by a single dioptric system in order to reduce a standing wave effect, a focal position will move under the influence of a chromatic aberration. In the 1st and 2nd invention, movement of a focal position is compensated by moving at least one of a mask, a wafer, and the projection optical systems to an optical axis direction. In the 3rd and 4th invention, it has compensated by inserting the substance which has a refractive index which is different from air between a mask and a wafer in movement of a focal position. Even if a focal position moves according to a chromatic aberration, he is trying to image on a wafer by using a multifocal lens as a projection optical system in the 5th and 6th invention.

[0011]

[Working example]Next, the working example of this invention is described. The working example of the 1st invention is shown in drawing 1. A KrF excimer laser is used as a light source of a projection aligner. Although a KrF excimer laser is oscillated by the center wavelength of 248.3 nm, and half breadth 350pm, in order to suppress a chromatic aberration, it has narrow-band-ized to half breadth 3pm. The oscillation by center wavelength  $\lambda_0=248.4\text{nm}$  and  $\lambda_1=248.2\text{nm}$  is attained by carrying out minute rotation of the narrow-band-ized element. Focal position change  $\Delta z$  at this time is given with a following formula.

[0012]

[Mathematical formula 1]

✕ ID=000003

[0013] $m$  and  $f$  are the magnifications and focal distances of a projection optical system, and are  $1/5$  and  $100\text{ mm}$  here, respectively.  $n$  and  $dn/d\lambda$  are the refractive indices and refractive index dispersion at  $\lambda=248.3\text{ nm}$  of the synthetic quartz used for a lens, and become  $1.51$  and  $0.24\text{ micrometer}^{-1}$ , respectively. If bandgap wavelength  $\Delta\lambda=-200\text{pm}$  of  $\lambda_1$  and  $\lambda_0$  is substituted for an upper type, focal position change will be set to  $10.5\text{ micrometers}$ . It is separated from the image formation position of the light 3 of wavelength  $\lambda_0$ , and the image formation position of the light 4 of wavelength  $\lambda_1$  of  $\Delta z$  by drawing 1. In order to compensate this focal position change, in the working example shown in drawing 1, the wafer 1 on the stage of a projection aligner is moved to the optical axis direction. A mask or a projection optical system may be moved instead of movement of a stage. What is necessary is just to make it the reflected light from the resist 2 by exposure with the light of wavelength  $\lambda_1$  become the minimum (maximum), when the reflected light from the resist 2 by exposure with the light of wavelength  $\lambda_0$  becomes the maximum (minimum) by change of resist thickness, in order to reduce a standing wave effect most effectively using two waves of lights. Resist thickness  $d$  which fulfills such conditions is given with a following formula.

[0014]

[Mathematical formula 2]

✕ ID=000004

[0015] $0$  or arbitrary positive integers, and  $n_r$  of  $l$  are the refractive indices of the resist 2 here. Resist thickness will be set to  $48\text{ micrometers}$ , if refractive-index  $n_r=1.6$  of a resist is substituted as

$t = 0$  in order to choose the thinnest resist thickness. Since the resist thickness which I want to remain after resist development is about 1 micrometer, it is necessary to divide it into the lower layer sensitizing agent content portion 5 (1-micrometer thickness) and the upper transparent resin portion 6 (47-micrometer thickness) by making a resist into a two-layer resist like drawing 2.


[0016]The reflectance in the resist surface in the above conditions is shown in drawing 3. Although the reflectance 7 of wavelength  $\lambda_0$  and the reflectance 8 of wavelength  $\lambda_1$  are sharply changed by slight change of resist thickness, change of the average value 9 is very small. Thus, if the exposure method of the 1st invention is used, the effectual light volume absorbed in a resist will not be concerned with thickness, but will become almost fixed, and it will become possible to reduce a standing wave effect greatly.

[0017]Drawing 4 is an working example of the projection aligner of the 2nd invention for realizing the exposure method of the 1st invention. The source 10 of a KrF excimer laser beam is narrow-band-ized by the wavelength narrow-band-ized element 11 consisting of a diffraction grating, prism, an etalon, etc. The center wavelength of the light source 10 serves as variable by carrying out minute rotation of the wavelength narrow-band-ized element 11. Since the light reflected by the reflector 12 is carrying out uneven distribution spatially, it makes light intensity distribution uniform by the homogenizer 13. The light which came out from the illumination-light study system 14 is imaged on the wafer 17 which applied the resist, after becoming a parallel beam, illuminating the mask 15 and being reduced through the projection optical system 16. Change of the focal position accompanying the wavelength variation of the light source 10 can be compensated by moving the stage 18 up and down.

[0018]The working example of the 3rd invention is shown in drawing 5. Although the focal position change accompanying wavelength variation was compensated with the 1st invention by movement of a stage etc., the thin film 19 which has a different refractive index from air is inserted between a mask and a wafer, and it compensates with the 3rd invention by carrying light path length in a continuation. Since it is not necessary to move a stage etc., the position gap accompanying movement does not arise. Thickness  $t$  of a thin film required only for  $\Delta z$  to carry light path length in a continuation is given with a following formula.

[0019]

[Mathematical formula 3]

 ID=000005

[0020] $n_f$  is a refractive index of the thin film 19 here. The thickness will be set to 20.6 micrometers if synthetic quartz is used as the thin film 19. As shown in drawing 5, in exposure by the 1st light 3 of wavelength  $\lambda_0$ , the same effect as the 1st invention can be acquired by exposing without inserting the thin film 19 and inserting the thin film 19 in the case of the 2nd exposure. The gas from which various kinds of inorganic thin films, an organic thin film or air, and a refractive index differ may be inserted not only in synthetic quartz but in instead of as the thin film 19.

[0021]Drawing 6 is an working example of the projection aligner of the 4th invention for realizing the exposure method of the 3rd invention. A different point from the projection aligner of the 2nd invention is that the mechanism which does not need to move between multiple-times exposure of the stage 18, and inserts the thin film 19 between the projection optical system 16 and the wafer 17 instead was added. As long as the thin film 19 becomes between the projection optical system 16, the not only between the wafers 17 but mask 15, and the wafer 17, it may be arranged anywhere.

[0022]The working example of the 5th invention is shown in drawing 7. The multifocal lens is used for the projection optical system in the 5th invention. He is trying to become equal to focal point movement distance  $\Delta z$  accompanying wavelength variation for the distance between two foci in this example, using a bifocal lens as a multifocal lens. If it does in this way, in the 1st exposure, the

light 20 imaged on a wafer with the light of wavelength  $\lambda_0$  and the light 21 imaged in the air of the wafer upper part exist. In the 2nd exposure, in order that a focal position may move by wavelength variation, the light 20 which was being imaged on the wafer turns into the light 22 of wavelength  $\lambda_1$  which is not imaged, and turns into the light 23 of wavelength  $\lambda_1$  which the light 21 which was being imaged in the air of the wafer upper part images on a wafer. It is not necessary to divide exposure into 2 times, and if the laser light source currently oscillated with two waves is used, exposure will end at once. If this exposure method is used, time required for required stage movement etc. at the 1st invention will be reduced, but since the light which is not imaged exists, the contrast of an image worsens.

[0023] Drawing 8 is an working example of the projection aligner of the 6th invention for realizing the exposure method of the 5th invention. A different point from the projection aligner of the 2nd invention is not having moved between multiple-times exposure of the stage 18, and having transposed the projection optical system 16 to the multifocal lens 24.

[0024] Although the KrF excimer laser was used as a light source in the working example about the above invention [ the 1st to 6th ], an ArF excimer laser, i line of a high-pressure mercury lamp, etc. can also be used instead. an exposure wavelength -- as not only two waves but two or more waves, or continuous wave length -- multiple times -- or the same effect is acquired even if it exposes continuously.

[0025]

[Effect of the Invention] As explained in full detail above, according to the projection exposure method and equipment of this invention, with a single projection aligner, even if it uses a dioptric system for a projection optical system, two or more waves of exposure is possible, and as the result, The development remainder of the resist by a standing wave effect and the size fluctuations of a resist pattern can be reduced remarkably.

---

[Translation done.]



\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]It is an explanatory view of the 1st invention.

[Drawing 2]It is a sectional view of the wafer which applied the resist used for the 1st invention.

[Drawing 3]It is a figure showing the reflectance and its average value from a resist when the wafer which applied the resist is irradiated with the light of wavelength  $\lambda_0$  and  $\lambda_1$ .

[Drawing 4]It is a block diagram of the projection aligner by the 2nd invention.

[Drawing 5]It is an explanatory view of the 3rd invention.

[Drawing 6]It is a block diagram of the projection aligner by the 4th invention.

[Drawing 7]It is an explanatory view of the 5th invention.

[Drawing 8]It is a block diagram of the projection aligner by the 6th invention.

[Explanations of letters or numerals]

1 Wafer

2 Resist

3 Light of wavelength  $\lambda_0$

4 Light of wavelength  $\lambda_1$

5 Sensitizing agent content portion

6 Transparent resin portion

7 Reflectance of wavelength  $\lambda_0$

8 Reflectance of wavelength  $\lambda_1$

9 Average value

10 The source of a KrF excimer laser beam

11 Wavelength narrow-band-ized element

12 Reflector

13 Homogenizer

14 Illumination-light study system

15 Mask

16 Projection optical system

17 Wafer

18 Stage

19 Thin film

24 Multifocal lens

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-224107

(43)公開日 平成6年(1994)8月12日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027				
G 0 3 F 7/20	5 2 1	7316-2H		
		7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	3 1 1 N
		7352-4M		3 0 1 C
		7352-4M		3 1 1 S
審査請求 有 請求項の数 6 F D (全 6 頁)				

(21)出願番号 特願平5-29612

(22)出願日 平成5年(1993)1月27日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 田邊 容由

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74)代理人 弁理士 館野 千恵子

(54)【発明の名称】 投影露光方法および装置

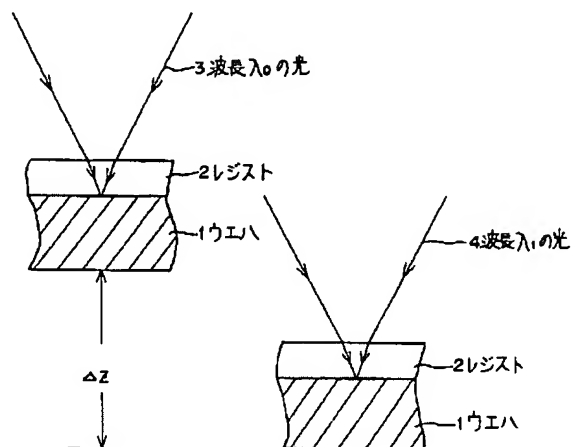
(57)【要約】

【目的】 投影露光において、単一の投影露光装置で定在波効果により生じる寸法変動を低減する。

【構成】 光源の波長を変えると同時にステージを上下動し、ウエハ上で常に結像させながら複数回露光する。

(a) 1回目の露光

(b) 2回目の露光



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源から出た光により照明されたガラス基板上の被露光パターンを、レジストを塗布したウエハ上に投影光学系を用いて結像させる投影露光方法において、前記光源から出る第1の波長の光で照明された前記被露光パターンを前記ウエハ上に結像させる第1の工程と、前記ガラス基板、ウエハおよび投影光学系のうちの少なくとも一つを光軸方向に移動させて前記光源から出る第2の波長の光で照明された前記被露光パターンを前記ウエハ上に結像させる第2の工程とを有してなることを特徴とする投影露光方法。

【請求項2】 被露光パターンを有するガラス基板と、レジストを塗布したウエハと、光源および投影光学系を少なくとも備え、前記光源の波長を変える手段と、前記ガラス基板、ウエハおよび投影光学系のうちの少なくとも一つを光軸方向に移動させる手段とを備えてなることを特徴とする投影露光装置。

【請求項3】 光源から出た光により照明されたガラス基板上の被露光パターンを、レジストを塗布したウエハ上に投影光学系を用いて結像させる投影露光方法において、前記光源から出る第1の波長の光で照明された前記被露光パターンを前記ウエハ上に結像させる第1の工程と、前記ガラス基板とウエハとの間に空気と異なる屈折率を有する物質を挿入して前記光源から出る第2の波長の光で照明された前記被露光パターンを前記ウエハ上に結像させる第2の工程とを有してなることを特徴とする投影露光方法。

【請求項4】 被露光パターンを有するガラス基板と、レジストを塗布したウエハと、光源および投影光学系を少なくとも備え、前記光源の波長を変える手段と、前記ガラス基板とウエハとの間に空気と異なる屈折率を有する物質を挿入する手段とを備えてなることを特徴とする投影露光装置。

【請求項5】 光源から出た光により照明されたガラス基板上の被露光パターンを、レジストを塗布したウエハ上に投影光学系を用いて結像させる投影露光方法において、前記投影光学系に複数の位置に結像させる多焦点レンズを用い、前記光源より出る相異なる第1の波長および第2の波長の光により1回あるいは複数回露光することにより、前記多焦点レンズは、第1の波長でウエハ上に結像し、第2の波長でもウエハ上に結像することを特徴とする投影露光方法。

【請求項6】 被露光パターンを有するガラス基板と、レジストを塗布したウエハと、光源および投影光学系を少なくとも備え、前記光源の波長を相異なる第1の波長または第2の波長にする手段を備え、前記投影光学系は、前記第1の波長および第2の波長のいずれでもウエハ上に結像する多焦点レンズで構成されていることを特徴とする投影露光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は半導体等の作製における投影露光に際して生じる定在波効果を低減化しうる投影露光方法および装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】半導体集積回路などの微細パターンの加工には、生産効率の高い投影露光装置が広く用いられている。上記装置では、投影光学系として屈折光学系を用いることがあるが、この場合、光源の波長の帯域幅が広いと色収差の発生が見られ、解像度の低下を招く。そこで、高解像度を得るために、高圧水銀ランプを光源とする場合は光源からの光を極めて狭い帯域幅のフィルタを通し、レーザを光源とする場合は回折格子、プリズム、エタロン等を用いて狭帯域化している。このように狭帯域な光を光源として用いると、レジストへの入射光とレジスト／ウエハ界面からの反射光との干渉による定在波の影響で、レジスト膜厚の僅かな変動に伴ってレジスト中へ吸収される実効的光量が大きく変動する。これはレジストパターン寸法の変動や解像不良の原因となる。投影光学系として屈折光学系の代わりに反射屈折光学系を用いれば色収差の問題が軽減され、光源の波長を広帯域にとれる。光源の波長を広帯域にとると、異なる波長の光では定在波の生じ方が異なるため定在波効果が低減される。このような反射屈折光学系としては、例えば特開昭63-163319号（文献1）に開示されている。また、特開昭63-198324号（文献2）には定在波効果を低減する方法として、被露光パターンを有するガラス基板（マスク）を通して波長 $\lambda_0$ の光を照射量 $D_0$ で露光する前後に、 $\lambda_0$ と異なる波長 $\lambda_1$ の光を $D_0$ より少ない照射量 $D_1$ でレジスト全面あるいはパターン形成予定領域に照射する方法が述べられている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、文献1に述べられている反射屈折光学系は、光学系のアライメントが難しく、また開口数を大きくするのが設計上難しいという問題がある。また、文献2の方法は屈折光学系にも適用可能だが、レジスト全面に光を照射した場合、像のコントラストが下がり解像力が劣化する問題がある。パターン形成予定領域のみに選択的に波長 $\lambda_1$ の光を照射すればコントラストの劣化は防げるが、 $\lambda_0$ と異なる波長 $\lambda_1$ の光をパターン形成予定領域のみに照射する具体的方法は文献2中に述べられていない。単純に波長 $\lambda_0$ 用に設計した投影露光装置と波長 $\lambda_1$ 用に設計した投影露光装置の2種類を用いて2回露光すると工数が増え、またレジストを塗布したウエハを2種類の異なる投影露光装置間で移動すると位置合わせが難しくなるという問題がある。本発明の目的は定在波効果を低減するための複数波長での露光を、単一の投影露光装置で実現する投影露光方法および投影露光装置を提供することにある。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】本発明による第1の発明は、光源から出た光により照明されたガラス基板上の被露光パターンを、レジストを塗布したウエハ上に投影光学系を用いて結像させる投影露光方法において、前記光源から出る第1の波長の光で照明された前記被露光パターンを前記ウエハ上に結像させる第1の工程と、前記ガラス基板、ウエハおよび投影光学系のうちの少なくとも一つを光軸方向に移動させて前記光源から出る第2の波長の光で照明された前記被露光パターンを前記ウエハ上に結像させる第2の工程とを有してなることを特徴とする投影露光方法である。

【0005】本発明による第2の発明は、被露光パターンを有するガラス基板と、レジストを塗布したウエハと、光源および投影光学系を少なくとも備え、前記光源の波長を変える手段と、前記ガラス基板、ウエハおよび投影光学系のうちの少なくとも一つを光軸方向に移動させる手段とを備えてなることを特徴とする投影露光装置である。

【0006】本発明による第3の発明は、光源から出た光により照明されたガラス基板上の被露光パターンを、レジストを塗布したウエハ上に投影光学系を用いて結像させる投影露光方法において、前記光源から出る第1の波長の光で照明された前記被露光パターンを前記ウエハ上に結像させる第1の工程と、前記ガラス基板とウエハとの間に空気と異なる屈折率を有する物質を挿入して前記光源から出る第2の波長の光で照明された前記被露光パターンを前記ウエハ上に結像させる第2の工程とを有してなることを特徴とする投影露光方法である。

【0007】本発明による第4の発明は、被露光パターンを有するガラス基板と、レジストを塗布したウエハと、光源および投影光学系を少なくとも備え、前記光源の波長を変える手段と、前記ガラス基板とウエハとの間に空気と異なる屈折率を有する物質を挿入する手段とを備えてなることを特徴とする投影露光装置である。

【0008】本発明による第5の発明は、光源から出た光により照明されたガラス基板上の被露光パターンを、レジストを塗布したウエハ上に投影光学系を用いて結像させる投影露光方法において、前記投影光学系に複数の位置に結像させる多焦点レンズを用い、前記光源より出る相異なる第1の波長および第2の波長の光により1回あるいは複数回露光することによりなり、前記多焦点レンズは、第1の波長でウエハ上に結像し、第2の波長でもウエハ上に結像することを特徴とする投影露光方法である。

【0009】本発明による第6の発明は、被露光パターンを有するガラス基板と、レジストを塗布したウエハと、光源および投影光学系を少なくとも備え、前記光源の波長を相異なる第1の波長または第2の波長にする手段を備え、前記投影光学系は、前記第1の波長および第

2の波長のいずれでもウエハ上に結像する多焦点レンズで構成されていることを特徴とする投影露光装置である。

## 【0010】

【作用】定在波効果を低減するために複数波長での露光を単一の屈折光学系で行うと、色収差の影響で焦点位置が移動する。第1および第2の発明においては、焦点位置の移動をマスク、ウエハおよび投影光学系の少なくとも一つを光軸方向に移動することにより補償している。第3および第4の発明においては、焦点位置の移動をマスクとウエハとの間に空気と異なる屈折率を有する物質を挿入することにより補償している。第5および第6の発明においては、投影光学系として多焦点レンズを用いることにより、色収差により焦点位置が移動してもウエハ上に結像するようにしている。

## 【0011】

【実施例】次に、本発明の実施例について説明する。第1の発明の実施例を図1に示す。投影露光装置の光源としてはKrFエキシマレーザを用いる。KrFエキシマレーザは中心波長 $248.3\text{ nm}$ 、半値幅 $350\text{ pm}$ で発振するが、色収差を抑えるため半値幅 $3\text{ pm}$ まで狭帯域化している。狭帯域化素子を微小回転することにより中心波長 $\lambda_0 = 248.4\text{ nm}$ および $\lambda_1 = 248.2\text{ nm}$ での発振が可能になる。このときの焦点位置変動 $\Delta z$ は次式で与えられる。

## 【0012】

【数1】

$$\Delta z = - (1 + m) \frac{f}{n - 1} \frac{dn}{d\lambda} \Delta \lambda$$

【0013】ここで $m$ および $f$ は投影光学系の倍率および焦点距離であり、それぞれ $1/5$ および $100\text{ mm}$ である。また、 $n$ および $dn/d\lambda$ はレンズに用いる合成石英の $\lambda = 248.3\text{ nm}$ における屈折率および屈折率分散であり、それぞれ $1.51$ および $0.24\text{ }\mu\text{m}^{-1}$ となる。上式に $\lambda_1$ と $\lambda_0$ の波長差 $\Delta \lambda = -200\text{ pm}$ を代入すると焦点位置変動は $10.5\text{ }\mu\text{m}$ となる。図1で波長 $\lambda_0$ の光3の結像位置と波長 $\lambda_1$ の光4の結像位置とは $\Delta z$ だけ離れている。この焦点位置変動を補償するため図1に示す実施例では投影露光装置のステージ上のウエハ1を光軸方向に移動している。なお、ステージの移動の代わりにマスクまたは投影光学系を移動しても良い。定在波効果を2波長の光を用いて最も効果的に低減するには、レジスト膜厚の変動により波長 $\lambda_0$ の光での露光によるレジスト2からの反射光が最大（最小）になるとき、波長 $\lambda_1$ の光での露光によるレジスト2からの反射光が最小（最大）になるようにすればよい。このような条件を満たすレジスト膜厚 $d$ は次式で与えられる。

## 【0014】

【数2】

$$d = \left(1 + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda^2}{2 n_r \Delta \lambda}$$

【0015】ここで1は0または任意の正の整数、 $n_r$ はレジスト2の屈折率である。最も薄いレジスト膜厚を選ぶため、 $1=0$ としてレジストの屈折率 $n_r=1.6$ を代入すると、レジスト膜厚は $48\mu\text{m}$ となる。レジスト現像後に残って欲しいレジスト膜厚は $1\mu\text{m}$ 程度なので、図2のようにレジストを2層レジストとして下層の感光剤含有部分5 ( $1\mu\text{m}$ 厚)と上層の透明樹脂部分6 ( $47\mu\text{m}$ 厚)とに分ける必要がある。

【0016】以上の条件でのレジスト表面での反射率を図3に示す。レジスト膜厚の僅かな変動により波長 $\lambda_0$ の反射率7と波長 $\lambda_1$ の反射率8は大きく変動するが、その平均値9の変動はきわめて小さい。このように第1の発明の露光方法を用いると、レジスト中に吸収される実効的光量が膜厚に関わらずほぼ一定となり、定在波効果を大きく低減することが可能となる。

【0017】図4は第1の発明の露光方法を実現するための、第2の発明の投影露光装置の実施例である。KrFエキシマレーザ光源10は回折格子、プリズム、エタロン等よりなる波長狭帯域化素子11により狭帯域化されている。光源10の中心波長は波長狭帯域化素子11を微小回転することにより可変となる。反射鏡12により反射された光は空間的に不均一な分布をしているためホモジナイザ13で光強度分布を均一にする。照明光学系14より出た光は平行光となりマスク15を照らし、投影光学系16を通り縮小されたのち、レジストを塗布したウエハ17上に結像する。ステージ18を上下動かすことにより光源10の波長変動に伴う焦点位置の変動を補償することができる。

【0018】第3の発明の実施例を図5に示す。第1の発明では波長変動に伴う焦点位置変動をステージ等の移動で補償していたが、第3の発明ではマスクとウエハの間に空気と異なる屈折率を有する薄膜19を挿入し、光路長を延ばすことにより補償する。ステージ等を移動する必要がないので移動に伴う位置ずれが生じない。光路長を $\Delta z$ だけ延ばすのに必要な薄膜の厚さ $t$ は次式で与えられる。

【0019】

【数3】

$$t = \frac{\Delta z}{n_f - 1}$$

【0020】ここで $n_f$ は薄膜19の屈折率である。薄膜19として合成石英を用いるとその膜厚は $20.6\mu\text{m}$ となる。図5に示すように、1回目の波長 $\lambda_0$ の光3による露光では薄膜19を挿入せずに露光し、2回目の露光の際に薄膜19を挿入することにより第1の発明と同様の効果を得ることができる。なお、薄膜19として

合成石英だけではなく、代わりに各種の無機薄膜、有機薄膜あるいは空気と屈折率の異なる気体を挿入しても良い。

【0021】図6は第3の発明の露光方法を実現するための、第4の発明の投影露光装置の実施例である。第2の発明の投影露光装置と異なる点はステージ18を複数回露光の間に移動する必要がなく、代わりに薄膜19を投影光学系16とウエハ17の間に挿入する機構が付け加わったことである。なお、薄膜19は投影光学系16とウエハ17の間だけではなくマスク15とウエハ17の間ならばどこに配置しても良い。

【0022】第5の発明の実施例を図7に示す。第5の発明では投影光学系に多焦点レンズを用いている。本実施例では多焦点レンズとして二重焦点レンズを用い、二つの焦点間の距離を波長変動に伴う焦点移動距離 $\Delta z$ と等しくするようにしている。このようにすると、1回目の露光では波長 $\lambda_0$ の光でウエハ上に結像する光20とウエハ上方の空气中で結像する光21が存在する。2回目の露光では波長変動により焦点位置が移動するため、ウエハ上で結像していた光20は結像することのない波長 $\lambda_1$ の光22となり、ウエハ上方の空气中で結像していた光21がウエハ上で結像する波長 $\lambda_1$ の光23となる。なお、露光を2回に分ける必要はなく、2波長で発振しているレーザ光源を用いれば露光は1回ですむ。この露光方法を用いると第1の発明で必要であったステージ移動等に必要な時間は削減されるが、結像しない光が存在するため像のコントラストは悪くなる。

【0023】図8は第5の発明の露光方法を実現するための、第6の発明の投影露光装置の実施例である。第2の発明の投影露光装置と異なる点はステージ18を複数回露光の間に移動する必要がなく、投影光学系16を多焦点レンズ24に置き換えたことである。

【0024】なお、以上の第1から第6の発明に関する実施例では光源としてKrFエキシマレーザを用いたが、ArFエキシマレーザ、高圧水銀ランプのi線などを代わりに用いることもできる。また、露光波長も2波長だけではなく、複数波長あるいは連続波長として複数回あるいは連続して露光しても同様の効果が得られる。

【0025】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明の投影露光方法および装置によれば、投影光学系に屈折光学系を用いても単一の投影露光装置で複数波長の露光が可能であり、その結果として、定在波効果によるレジストの現像残りおよびレジストパターンの寸法変動を著しく低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の発明の説明図である。

【図2】第1の発明に用いられるレジストを塗布したウエハの断面図である。

【図3】波長 $\lambda_0$ と $\lambda_1$ の光をレジストを塗布したウエハ

に照射したときのレジストからの反射率およびその平均値を示す図である。

【図4】第2の発明による投影露光装置の構成図である。

【図5】第3の発明の説明図である。

【図6】第4の発明による投影露光装置の構成図である。

【図7】第5の発明の説明図である。

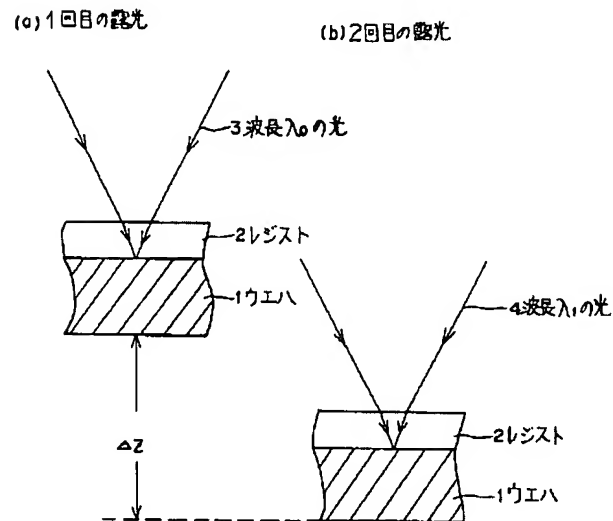
【図8】第6の発明による投影露光装置の構成図である。

【符号の説明】

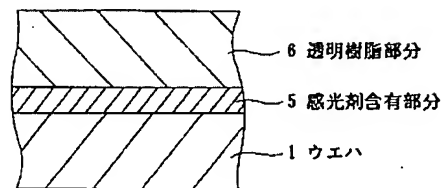
- 1 ウエハ
- 2 レジスト
- 3 波長 $\lambda_0$ の光
- 4 波長 $\lambda_1$ の光
- 5 感光剤含有部分

- 6 透明樹脂部分
- 7 波長 $\lambda_0$ の反射率
- 8 波長 $\lambda_1$ の反射率
- 9 平均値
- 10 KrFエキシマレーザ光源
- 11 波長狭帯域化素子
- 12 反射鏡
- 13 ホモジナイザ
- 14 照明光学系
- 15 マスク
- 16 投影光学系
- 17 ウエハ
- 18 ステージ
- 19 薄膜
- 24 多焦点レンズ

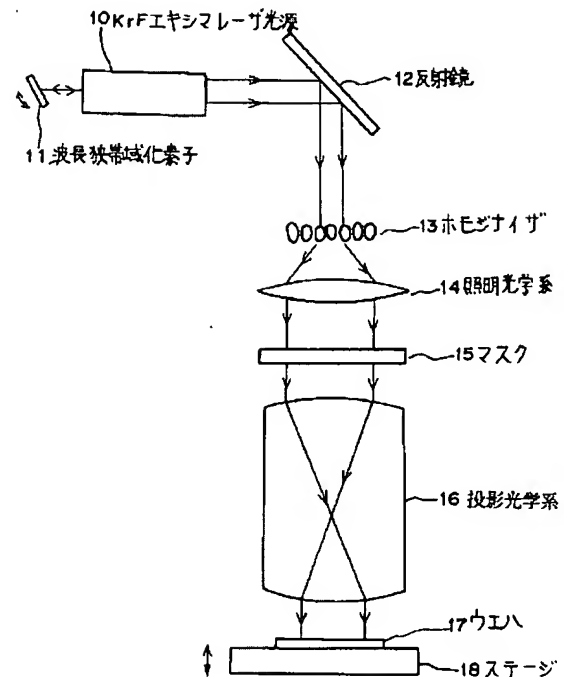
【図1】



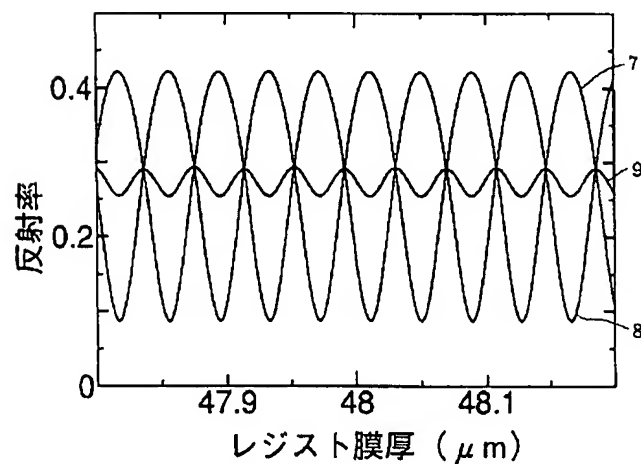
【図2】



【図4】

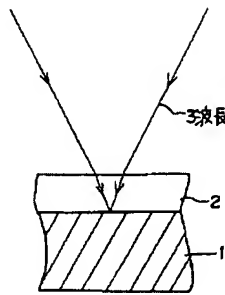


【図3】

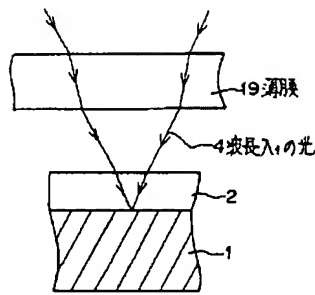


【図5】

(a) 1回目の露光

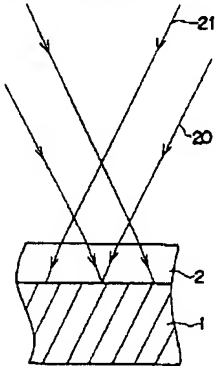


(b) 2回目の露光

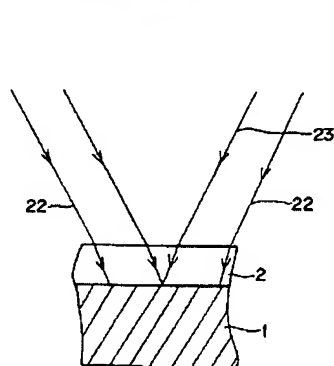


【図7】

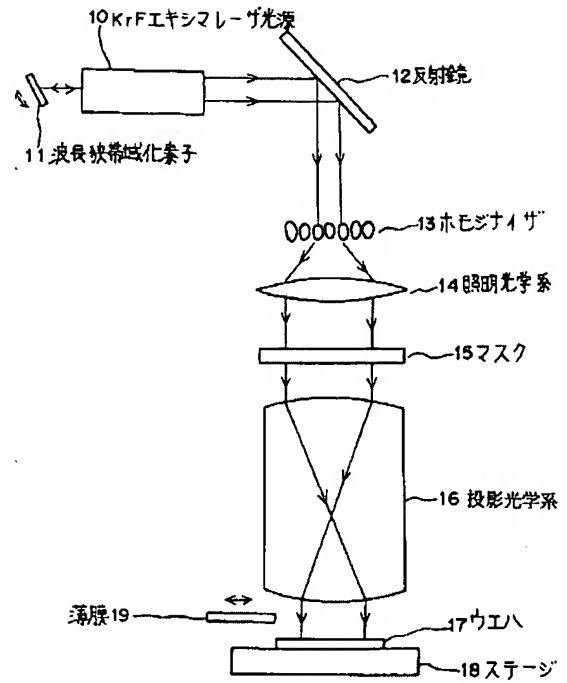
(a) 1回目の露光



(b) 2回目の露光



【図6】



【図8】

